

# NGHIÊN CỨU HIỆU ỨNG CÁNH ĐIỀU CHỈNH GIÓ FLAP TRÊN MẶT CẮT NGANG DẦM HÌNH CHỮ NHẬT CÓ TỈ SỐ TIẾT DIỆN TRUNG BÌNH THÔNG QUA MÔ PHỎNG CFD SỬ DỤNG MÔ HÌNH RANS

TS. TRẦN ANH ĐẠT

Trường Đại học Giao thông vận tải

## TÓM TẮT:

Trong nỗ lực tiếp tục hoàn thiện các cơ sở hướng dẫn sử dụng cánh điều chỉnh gió flap để cải thiện ứng xử khí động học cho mặt cắt ngang cầu nhịp lớn nhằm giảm thiểu hoặc tránh những tác động nguy hiểm do tải trọng gió, bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu hiệu ứng cánh điều chỉnh gió flap gắn trên mặt cắt ngang hình chữ nhật có tỉ số tiết diện trung bình thông qua mô phỏng số động lực học chất lưu CFD (Computational Fluid Dynamics) sử dụng mô hình RANS (Reynolds Average Navier-Stokes). Đặc tính hình học của cánh điều chỉnh gió flap được thay đổi trong các mô hình số để làm rõ ảnh hưởng lên ứng xử của dòng chảy cũng như hiệu quả mang lại.

**Từ khóa:** Khí động học, mặt cắt ngang cầu nhịp lớn, tải trọng gió, flap, RANS.

## ABSTRACT:

In efforts to contributing a guidance of using flap in reducing or avoiding the negative impacts of wind load for long-span bridge cross-sections, this paper presents research results on the effect of flap attached to a rectangular cross-section with the width-to-depth ratio of average value through numerical simulations CFD (Computational Fluid Dynamics) using RANS (Reynolds Average Navier-Stokes) approach. The geometric configurations of flap are changed in numerical simulations to clarify their influence on the behavior of wind flow as well as their significant effects.

**Keywords:** aerodynamic countermeasures, long-span bridge section, wind load, flap, RANS.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiệu quả tích cực của cánh điều chỉnh gió flap gắn trên mặt cắt ngang hình chữ nhật có tiết diện nhỏ được tác giả làm rõ trong nghiên cứu trước đây [1], đây là những kết quả tham khảo rất có ý nghĩa đối với mặt cắt có tỉ lệ tiết diện nhỏ được lựa chọn trong thiết kế kết cấu nhịp cầu lớn. Những mặt cắt có tỉ lệ tiết diện trung bình cũng thường được lựa chọn trong thực tế. Tuy nhiên, ứng xử khí động học của các mặt cắt có tiết diện trung bình trong sự có mặt

của flap vẫn là câu hỏi. Một cơ chế rõ ràng về dòng chảy gió cũng như ứng xử khí động học của kết cấu nhịp với tỉ lệ tiết diện mặt cắt này có sử dụng cánh điều chỉnh gió flap cần được khảo sát. Những nghiên cứu sâu hơn sẽ đóng góp đáng kể trong việc xây dựng bộ hướng dẫn sử dụng các giải pháp cải tiến hình dáng khí động học của kết cấu nhịp.

Nghiên cứu này tiếp tục sử dụng những ưu điểm của kỹ thuật mô phỏng số động lực học chất lưu Computational Fluid Dynamics

(CFD) trong công tác khảo sát dòng chảy gió qua chướng ngại vật. Điều này tạo ra triển vọng lớn để làm rõ cơ chế dòng chảy gió qua mặt cắt ngang dầm so với phương pháp truyền thống sử dụng thí nghiệm hầm gió.

Cách tiếp cận của nghiên cứu này hoàn toàn giống với cách tiếp cận tác giả đã sử dụng trong các nghiên cứu tương tự [1], [2]. Theo các nghiên cứu trước đây, cánh điều chỉnh gió flap với thông số định vị, kích thước và góc đặt lớn sẽ đem lại hiệu quả cao trong việc chiết giảm dao động do xoáy khí vortex gây ra. Bài báo này khảo sát và điều tra hiệu ứng của flap gắn trên mặt cắt ngang hình chữ nhật với tỉ số tiết diện chiều rộng trên chiều cao của mặt cắt  $B/D=4$  thông qua mô phỏng số CFD sử dụng cách tiếp cận RANS cùng mô hình mới về  $k-\epsilon$  để xử lý độ rối của các xoáy khí phát sinh (new  $k-\epsilon$  eddy viscosity turbulent model). Đặc tính hình học của cánh điều chỉnh gió flap được thay đổi trong các mô hình số để làm rõ ảnh hưởng lên ứng xử của dòng chảy cũng như hiệu quả có thể mang lại. Các giá trị: mật độ phổ (Power Spectrum Density - PSD) của lực nâng (lift force) do tải trọng gió gây ra, hệ số ứng suất trung bình cùng với giá trị hiệu dụng (Root Mean Square - RMS) của hệ số ứng suất trên mặt cắt ngang dầm (surface pressure coefficient) và mẫu dòng chảy gió qua mặt cắt ngang sẽ được khảo sát để khẳng định hiệu quả mang lại của flap.

## 2. PHƯƠNG TRÌNH CHỦ ĐẠO VÀ MÔ PHỎNG TÍNH TOÁN

Phương trình chủ đạo và mô phỏng tính toán không thay đổi so với nghiên cứu mà tác giả đã thực hiện cho mặt cắt với tỉ số tiết diện nhỏ [1]. Tất cả mô phỏng được tiến hành trên những phương trình chủ đạo theo cách tiếp cận RANS. Mô hình mới về k-ε để xử lý độ rối các xoáy khí phát sinh được ứng dụng để đóng các phương trình chủ đạo. Phần mềm thương mại STAR-CCM+ được sử dụng để thực hiện các phân tích ứng xử khí động học.

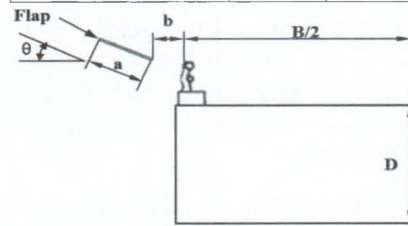
Vùng ảnh hưởng dòng chảy ứng với miền tính toán có chiều rộng 40D và chiều cao 20D, D là chiều cao của mặt cắt ngang kết cấu nhịp. Để tiếp cận gần nhất với điều kiện trong thực tế, điều kiện biên không trượt “no-slip” được cài đặt dọc chu vi mặt cắt ngang và điều kiện biên trượt “slip” được gán tại các biên giới hạn của miền tính toán. Miền tính toán được cấu thành trên 200.000 các ô lục giác và tứ giác thông qua hệ thống phân chia lưới. Kích thước các ô chia trong miền tính toán được tối ưu hóa để đảm bảo độ chính xác và thời gian phân tích các mô phỏng.

Kích thước đặc trưng của mặt cắt ngang dầm hình chữ nhật, thông số dòng chảy gió, tỉ lệ dùng trong mô phỏng số được thể hiện trong bảng 1. Để khảo sát vai trò của cánh điều chỉnh gió flap, các trường hợp mô phỏng bao gồm: có và không có flap, thay đổi thông số

vị trí đặt  $b$  và góc nghiêng  $\theta$  như hình 1.

Bảng 1. Các thông số dùng trong mô phỏng

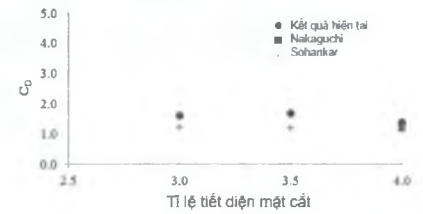
Thông số	Đơn vị	Tỉ lệ
Bề rộng (B)	(m)	0.4
Chiều cao (D)	(m)	0.1
Tỉ lệ (B/D)		4
Số lượng phần tử		200,000
Chỉ số Reynolds number		10,000
Tỉ lệ mô hình		1/50
Bước thời gian ( $\Delta t$ )	(s)	0.0005



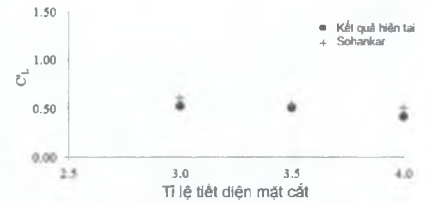
Hình 1. Kích thước hình học của flap

Độ tin cậy của mô phỏng tính toán CFD được xác thực thông qua việc so sánh kết quả thu được của nghiên cứu ứng với các trường hợp mặt cắt ngang hình chữ nhật điển hình. Kết quả thu được trên các mô phỏng số tiếp cận gần với các giá trị thu được từ nghiên cứu thực nghiệm [3]. Ngoài ra, kết quả thu được cũng hội tụ tốt với nghiên cứu mô phỏng số của Sohankar [4]. Độ tin cậy mô phỏng được tăng lên khi so sánh về hệ số lực đẩy trung bình  $C_D$  (mean drag coefficient) và giá trị hiệu dụng của

hệ số lực nâng (RMS của  $C_L$ ) trong trường hợp trường hợp tỉ lệ tiết diện mặt cắt B/D=4.



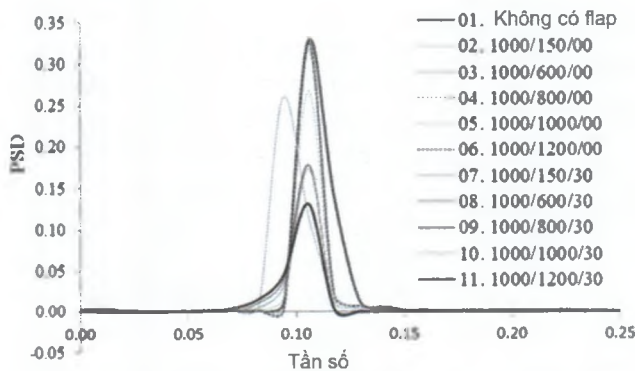
Hình 2. Hệ số lực đẩy trung bình  $C_D$



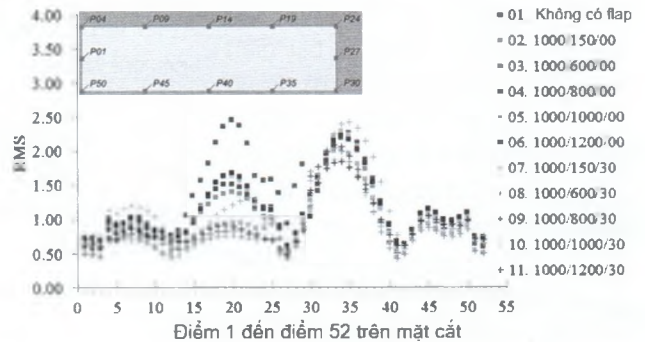
Hình 3. RMS của hệ số lực nâng  $C_L$

## 3. KẾT QUẢ

Kết quả của mô phỏng chỉ ra rằng mật độ phổ của lực nâng PSD  $C_L$  do dòng chảy gây ra đối với dầm có mặt cắt ngang đang khảo sát có giá trị lớn nhất trong trường hợp không sử dụng cánh điều chỉnh gió flap như hình 4. Trường hợp lắp đặt flap tại phía đầu gió và cuối gió, giá trị này không giảm hoặc giảm không đáng kể khi flap được đặt nằm ngang với góc nghiêng  $\theta$  bằng không. Kết quả tốt nhất thu được trong trường hợp góc nghiêng của flap  $\theta=30^\circ$  với khoảng cách đặt flap là  $b=1200$  mm. Điều này chứng tỏ vị trí đặt  $b$  và góc nghiêng  $\theta$  của flap đóng vai trò quan trọng trong việc điều tiết các xoáy khí xuất hiện ở đuôi gió.



Hình 4. Mật độ phổ lực nâng do dòng chảy gây ra PSD  $C_L$



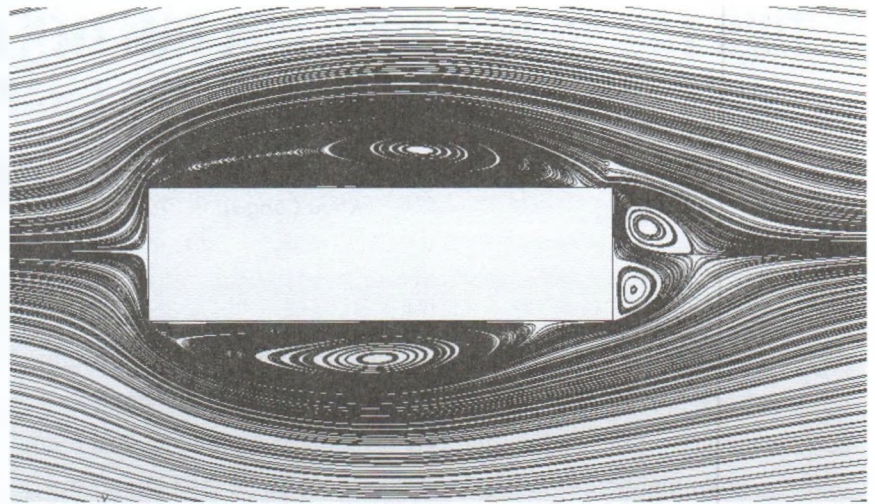
Hình 5. Giá trị hiệu dụng ứng suất trên mặt cắt ngang- RMS của ứng suất

Hệ số ứng suất trung bình và giá trị hiệu dụng của ứng suất trên mặt cắt ngang được khảo sát. Trường hợp có hoặc không có mặt flap, nghiên cứu này không tìm thấy sự khác nhau đáng chú ý tại các giá trị của hệ số ứng suất trung bình. Tuy nhiên, giá trị hiệu dụng của ứng suất trên mặt cắt ngang có sự thay đổi đáng chú ý. Hình 4 chỉ ra giá trị RMS cao tập trung chủ yếu tại mặt trên (từ điểm P14 đến P24) và mặt dưới (từ điểm P30 đến P40) của tiết diện. Flap được lắp đặt mang lại hiệu quả trong việc làm giảm sự biến động của ứng suất trên tiết diện dầm, RMS của ứng suất tại các điểm này được tìm thấy có giá trị nhỏ hơn đáng kể so với trường hợp không sử dụng flap. Hiệu quả của flap càng được khẳng định khi khoảng cách đặt  $b$  và góc nghiêng  $\theta$  của flap đủ lớn (các trường hợp  $a=1000$  mm,  $b=800, 1000, 1200$  mm,  $\theta=30^\circ$ : 1000/800/30, 1000/1000/30, 1000/1200/30).

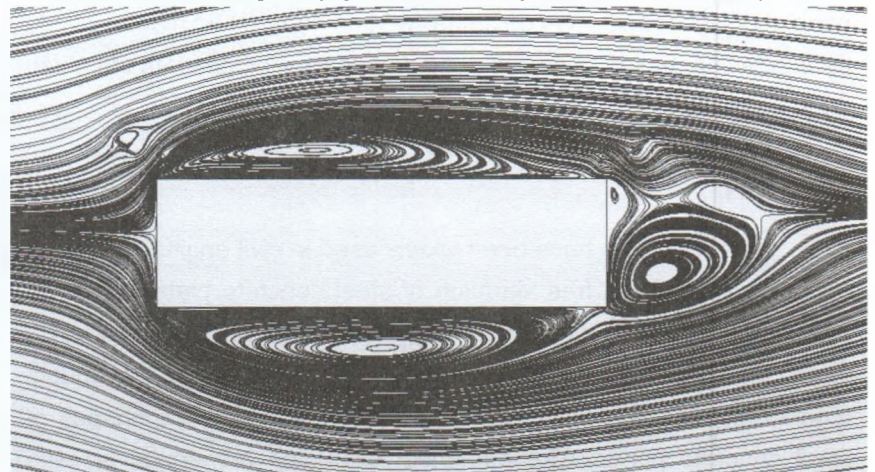
Vai trò của flap tại phía cuối gió rất quan trọng khi điều tiết dòng khí khu vực đuôi gió. Flap mang lại hiệu quả cao trong việc chiết giảm sự hình thành vùng hỗn loạn phía đuôi gió. Sự có mặt của flap tại phía cuối gió làm cho dòng chảy được điều chỉnh đi xuống nhằm làm giảm sự hình thành các xoáy khí như được thể hiện ở hình 6 và 7.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả thu được từ nghiên cứu này đưa đến chiều hướng đồng nhất với các kết quả nghiên cứu trước đây của tác giả trong các trường hợp tỉ lệ tiết diện nhỏ. Hiệu ứng của cánh điều chỉnh gió trong trường hợp lắp đặt trên mặt cắt hình chữ nhật có tỉ lệ tiết diện trung bình  $B/D=4$  được thể hiện rõ thông qua mật độ phổ lực nâng, giá trị hiệu dụng của ứng suất trên mặt cắt ngang dầm và mẫu dòng chảy gió qua mặt cắt. Cánh điều chỉnh gió flap với khoảng cách đặt thích hợp cùng góc nghiêng  $30^\circ$  đóng vai trò quan trọng trong việc chi phối cơ chế dòng chảy gió, đưa đến sự cải thiện ổn định khí động lực học cho mặt cắt hình chữ nhật nói trên.



Hình 6. Mẫu dòng chảy gió trong trường hợp không sử dụng flap



Hình 7. Mẫu dòng chảy gió trong trường hợp sử dụng flap

Kiến nghị: Nghiên cứu thêm tác dụng của cánh điều chỉnh gió flap cho nhiều mặt cắt ngang dầm hình chữ nhật có tỉ số tiết diện  $B/D$  lớn ứng với các kích thước khác nhau hơn 4. ■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Anh Đạt, *Tạp chí Cầu Đường Việt Nam*, vol. 05, pp. 18-21, 2021, "Nghiên cứu hiệu ứng cánh điều chỉnh gió flap trên mặt cắt ngang dầm hình chữ nhật có tỉ số tiết diện nhỏ thông qua mô phỏng CFD sử dụng mô hình RANS";
- [2]. Tran D., Katsuchi H., Yamada H. and Nishio M, *Journal of Structural Engineering, JSCE*, vol.60A, pp.387-396, 2014, "Numerical Analysis for Effect of Flap on Wind Flow across Box Girder Section";
- [3] Nakaguchi H., Hashimoto K. and Muto S., *Journal of Japan Society of Aeronautical and Space Science*, vol. 16, pp. 1-5, 1968, "An experimental study on aerodynamics drag of rectangular cylinders";
- [4]. Sohankar A., *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 96, pp. 640-655, 2008, "Large eddy simulation of flow past rectangular section cylinders: side ratio effects".